

Код МРНТИ 52.13.15:52.01.75

Р.Қ. Қамаров, Н. Хуанған, Ш.Б. Зейтинова, Г.М. Жүніс

«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
(Қарағанды қ., Қазақстан)

КӨМІР ТАҚТАЛАРЫНЫҢ МЕТАНЫН ӨНДІРУ ЖӘНЕ САУДА-САТТЫҚ ПЕРСПЕКТИВАСЫН ЕСЕПТЕУ

Аннотация. Көмір тақталарының метаны бірнеше онжылдықтар бойы бүкіл әлемде баламалы энергия көзі ретінде пайдаланылуда. Көмірдің метаны әр түрлі салаларда шикізат ретінде кеңінен қолданылады. Өйткені ол табиғи газ. Көмірдің метанын пайдаланудың схемалары бойынша қамсыздандырылатын газдың көлемі мен құрамына белгілі талаптар бар. Бұл факторлар сатудың көлемі мен кірісіне айтарлықтай әсер етеді. Көмірдің метанын қолдану бойынша тиімді жобасының сауда-саттық негізгі критерийлері болып ұзақ мерзімді газ көзі және сенімді тұтынушы саналады. Метанды қолдану әдісін таңдау кезінде негізгі фактор болып өндіру көлемі мен өндірістің пайдалылығы арасындағы теңестік саналады. Әлемдік тәжірибе көмір тақталарының метанын энергетикалық бағытта шикізат ретінде жылу мен электр энергиясын өндіру үшін, сондай-ақ, химия өнеркәсібінде пайдаланудың мүмкіндігін көрсетеді. Көмірдің метанын басқа бағытта қолдану бойынша инвестициялық шешімдер қабылдаған кезде толық және мұқият талдау жүргізу қажет.

Түйінді сөздер: көмір тақтасының метаны, сұйытылған табиғи газ, газды-химиялық өнім, қондырғы, метанды өндіру, электр энергиясы, шикізат, сауда-саттық.

Calculating the prospects for production and commercialization of coal-bed methane

Abstract. In the global context, coal-bed methane has been used as an alternative energy source for several decades. Coal methane is widely used as a raw material in various industries, as it is a natural gas. Most schemes of using coal methane have certain requirements for the volume and composition of the supplied gas. These factors have a significant impact on sales volumes and profits. The main criteria for a commercially viable CBM project are a long-term source of gas and a reliable consumer. The main factor in selecting the method of using methane is the balance between the volume of production and profitability of production. The world practice shows the possibility of using coal-bed methane as a raw material both in the energy sector for generating heat and electricity, and in the chemical industry. When making investment decisions on the use of coal methane in one or another aspect, a complete and thorough analysis is needed.

Key words: coal-bed methane, liquefied natural gas, gas chemical product, plant, methane production, power plant, feedstock, commercialization.

Расчет перспективности добычи и коммерциализации метана угольных пластов

Аннотация. В мировых масштабах метан угольных пластов уже несколько десятков лет применяется в качестве альтернативного источника энергии. Угледетан широко используется в качестве сырья в различных отраслях промышленности, так как представляет собой природный газ. Большинство схем использования угледетана имеют определенные требования к объемам и составу поставляемого газа. Эти факторы значительно влияют на объемы продаж и прибыль. Основными критериями коммерчески выгодного проекта по использованию угледетана являются наличие долгосрочного источника газа и надежного потребителя. Основным фактором при выборе метода использования метана является баланс между объемом добычи и рентабельностью производства. Мировая практика показывает возможность использования метана угольных пластов в качестве сырья как в энергетическом направлении для получения тепло- и электроэнергии, так и в химической индустрии. При принятии инвестиционных решений по применению угледетана в том или ином направлении необходимо проведение полного и тщательного анализа.

Ключевые слова: метан угольных пластов, сжиженный природный газ, газохимический продукт, установка, добыча метана, электростанция, сырье, коммерциализация.

Жалпы мәліметтер

Көмір тақталарының метаны бірнеше онжылдықтар бойы бүкіл әлемде баламалы энергия көзі ретінде пайдаланылып, қауіпсіздік мәселесінен бағалы, сапалы және экологиялық таза энергия тасымалдаушыға айналды. Көмірдің метаны әр түрлі салаларда шикізат ретінде кеңінен қолданылады. Өйткені ол табиғи газ.

Көмірдің метанын пайдаланудың схемалары бойынша қамсыздандырылатын газдың көлемі мен құрамына белгілі талаптар бар. Бұл факторлар сатудың көлемі мен кірісіне айтарлықтай әсер етеді. Көмірдің метанын қолдану бойынша тиімді жобасының сауда-саттық негізгі критерийлері болып: ұзақ мерзімді газ көзі және сенімді тұтынушы саналады.

Шикізаттың бұл түрінің маңызды артықшылықтарының бірі – қоршаған ортаға экологиялық лақтырыстарының минималды мөлшері, сондай-ақ нарықтағы баламалы

отынмен салыстырғанда газдың бәсекеге қабілетті бағасы.

Метанның қолдану аясы кең. Оны дербес компонент ретінде қолдануға болады, мысалы, отын немесе келешекте қайтадан өңдеу үшін шикізат ретінде және газды-химиялық өнімдердің басқа да туындыларын алу ретінде (сурет 1).

Төменде көмір тақталарының метанын қолдану мүмкіндігі нұсқаларының тізімі келтірілген:

1. Тұтынушыларды газбен қамтамасыздандыру.

Газ құбырларын салу арқылы немесе сұйытылған күйде тұтынушыларды газбен қамтамасыздандыру.

Газды-моторлық отын. Сығылған табиғи газдың (СТГ) бағасы бензиннің орташа нарықтық бағасынан орташа есеппен 2 есе төмен. Бұндай жағдайда газдымоторлық отын қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін ұзартады және лақтырыстардың деңгейін айтарлықтай төмендетеді.

Сығылған табиғи газ автомобиль газын толтырудың сығылу станциясында (АГТСС) табиғи газды 20-25 МПа (200-250 атм.) қысымға дейін сығу арқылы алынады. Газды – 160°C-тан төмен температураға дейін салқындатудың арқасында алынған сұйытылған табиғи газ метандық газды-моторлық отынның балама нұсқасы болып саналады.

2. Газ және химия өндірісі.

Синтетикалық мұнай өнімдері.

Көмір тақталарының метаны (КТМ) Фишер-Тропша үдірісімен «газды сұйыққа айналдыру» технологиясы бойынша көмірсутегі өнімдерін өндіру үшін қолданылуы мүмкін: синтетикалық мұнайды, дизель отынын, сондай-ақ майлайтын майлар мен парафиндерді.

Метанол. Көмір тақталары метанын пайдаланудың перспективалық жолдарының бірі болып Қазақстанда метанол мен оның негізінде жасалған өнімдерді өндіретін

кәсіпорын болуы мүмкін. Әмбебап аралық өнім ретінде метанол үлкен практикалық қолдануға ие және химиялық өнімдердің кең асортиментін өндіруде шикізат ретінде қызмет етеді. Газ өнеркәсібінде метанол газ құбырларының жұмыс қималарын гидраттармен тығыздаған кезде еріткіш ретінде қолданылады. Метанол сонымен қатар формальдегидті, формалинді, сірке қышқылын және бірқатар эфирлерді, лактарды, бояуларды, еріткіштерді өндіру үшін шикізат болып саналады. Мұнайды қайта өңдеуде метанол отын қоспасы ретінде немесе жеке отын түрінде қолданылады.

3. Электр энергиясы мен жылу өндірісі

Жылу өндірісі. Көмір тақталарының метаны бұды өндіруде, жылыту мен ыстық сумен қамтамасыздандыруда, сондай-ақ, қазандықтарда немесе жылу электр орталығында отын ретінде пайдаланылуы мүмкін. Алайда, кейбір елдерде метаннан электр энергиясын өндіру кезінде өндірілетін жылу энергиясын пайдаланбау мәселесі бар. Сондықтан жылу энергиясын мүмкіндігінше пайдалану үшін тұтынушы кәсіпорын станцияға жақындау орналасуы қажет.

Электр энергиясын өндіру. Көмір тақталарының метаны өндіріс алаңының жанында электр энергиясын өндіру үшін қолданылуы мүмкін. Бұндай жағдайда қайта өңдеу үдірісі газдық турбиналарда немесе поршендік қозғалтқыштарда жүреді.

Газды өндіру экологиялық таза көз болып табылады. Әсіресе көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларымен салыстырғанда. Бұндай жағдайда замануи газдық станциялар үшін жылыспалық жылуды пайдалану циклінде жылу энергиясын өндіру кезінде пайдалану әрекет коэффициентінің (ПӘК) жоғарғы мәндері шамамен 49 % құрайды.

Төменде талқыланатын энергетикалық қаржылардың нарықтары көмір тақталарының метанын пайдалану нұсқаларын қарастырудың негізгі алғы шарттарын құрайды (кесте 1). Қарағанды облысы мен

Қарағанды қаласының бір бөлігінде келесі мәліметтер жиналды.

Көмір тақталарының метанын пайдаланудың нұсқаларын таңдау

Бүгінгі күндері, Қазақстанда көмір тақталары метанын қазымдаудың дәлелденген технологиясы жоқ. Негізінде, көмір кен орындарын игеру кезінде пайда болған метан алауда (факель) жағылады (немесе атмосфераға шығарылады). Сондай-ақ ішінара қазандықтар мен Костенко атындағы, Ленин атындағы, «Саран», «Абай», «Шахтинск» шақтылардың газды-турбиналық электр станцияларында қолданылады (сурет 2).

2015 жылы метан-ауа қоспасының 17 млн м³ қазандықтарда қолданылды. Сондай-ақ, метан электр энергиясын өндіру үшін де қолданылады. 2011 жылы «АрселорМиттал Теміртау» ҚД АҚ Ленин атындағы шақтысында игерілетін тақталарды газсыздандыру кезінде алынған метанның арқасында метанды-ауа қоспасында жұмыс істейтін қуаттылығы 1,4 МВт газды-турбиналық электр станциясы іске қосылды. Қондырғы іске қосылғаннан бері шамамен 24 млн кВт энергия өндірілді және 14 млн м³ метан пайдаланылды¹.

Пайдаланудың өнеркәсіптік тәжірибесіне шектеудің қойылуына қарамастан, көмір тақталарының метаны бүгінгі күндері газбен салыстырғанда әлеуетті артықшылықтарға ие. Ол Қазақстанның солтүстік-орталығындағы Астана қ. және басқа да қалаларға қалааралық газ құбырлары бойынша үлкен ара қашықтыққа жеткізудің көзі ретінде саналады. Өндіріс орындары мен нарық арасындағы қашықтық қазіргі уақытта тоқтап тұрған Қарталы-Астана табиғи газ құбырының жобасын (830 км) қолданумен салыстырғанда шамамен 100-200 км қысқа. Сонымен қатар, сұйытылған газды және сұйытылған табиғи газды теміржол немесе автомобиль көлігі бойынша жеткізудің нұсқалық мүмкіндіктері бар.

Көмір тақталары метанын пайдаланудың нұсқасын таңдау кезінде негізгі көрсеткіштердің бірі болып пайдалылықтың және инвестициялық тартымдылықтың критерийлері саналады.

Метанды қолдану әдісін таңдау кезінде негізгі фактор болып өндірілім көлемі мен өндірістің пайдалылығы арасындағы теңестік (баланс) саналады, мысалы:

- сығылған газды орташа көлемде және сату нарығынан орташа қашықтықта (50-200 км) өндірген орынды;

- қайда өңделген газдың үлкен көлемі кезінде сұйытылған газды, сату нарығынан едәуір қашықтықта (100-500 км) өндірген жөн болады.

Метанның жылдық көлемі 28,3 млрд м³ дейін және тасымалдаудың ара қашықтығы 75 км-ге дейін жеткен кезде қайта өңдеудің ең тиімді әдісі болып электр энергиясын өндіру, сондай-ақ құбырлық көлікпен метанды тасымалдау саналады. Бірақ тасымалдаудың қашықтығы 50 км-ден аспауы қажет.

Қайта өңдеу қондырғысынан сату нарығына дейінгі қашықтық 100 км-ден асқан жағдайда мини-GTL зауыттарында отынды өндіру экономикалық жағынан тиімді.

Зерттеу жұмыстарын орындаудың аясында біздер көмір тақталарының метанын қолданудың нұсқаларын қарастырдық. Оның бесеуі қаржылық және экономикалық талдауға қабылданды:

- көмір тақталары метанын Қарағанды қаласына дейін газ құбырлары бойынша сұйытылған табиғи газды құю станциясына сығымдау үшін тасымалдау;

- газ құбырлары бойынша көмір тақталарының метанын Қарағанды қ. дейін АГДС-қа тасымалдау;

- газбен жұмыс істейтін электр станциясында электр энергиясын (жылуды) өндіру;

- өте таза дизель отынын (GTL) немесе метанолды өндіру;

- қайта газдандыру терминалдарына жеткізу үшін сұйытылған табиғи газ өндіру (Астана қ.) және автокөліктерді СТГ-ға беру

¹Морозов С.А. «АрселорМиттал Теміртау» АҚ көмір департаментінің шақтыларында метанды өндіру және шақты метанын пайдалану. – Астана, 2017 (орыс тілінде)

Кесте 1

Энергетикалық қаржылардың нарықтары

Table 1

Power resource markets

Таблица 1

Рынки энергетических ресурсов

Құны	Мәні	Деректер көзі
Жылу энергиясы*, теңге/Гкал	3656,43	22.04.2016 ж. деректері бойынша
Энергия көзінің жылу энергиясы*, теңге/Гкал	1479,42	
Электр энергиясының тарифі*, теңге/кВт·сағ.	14,21	
Занды тұлғалар үшін электр энергиясының тарифі*, теңге/кВт·сағ.	21,62	
Метанол, теңге/тонна	95000	ҚР ҰЭМ Статистика комитетінің мәліметтері бойынша
Дизельдік отыны, теңге/тонна	170000	Нарықты мониторингтің мәліметтері
Арктикалық дизельдік отын, долл./тонна	650	
Көмір газының (КГ) көтерме бағасы*, теңге/тонна	28000	01.01-31.03.2017 ж. сатудың көтерме бағасы
КГ бөлшек бағасы, теңге/тонна	114000	Нарықты мониторингтің мәліметтері
Мазут, теңге/тонна	50000	
Сығылған табиғи газдың құны, теңге/м	64,1	АГТСС мәліметтері

Ескерту: *бағалар мен тарифтер ҚҚС-сыз көрсетілген.

(негізінен ашық кеніштік автомобиль көлігі қарастырылады).

Экономикалық көрсеткіштерді алдын ала салыстырғаннан кейін қабылданған нұсқалар орынсыз деп танылады: Астана қаласын газбен қамтамасыздандыру немесе экспорттау үшін магистральдық газ құбылары бойынша тасымалдау. Бұл нұсқа қаржыландырудың күрделі сыйымдылығын және шикізаттың көлемі жеткіліксіз болмаған кезде пайдаланудың жоғары шығындарын талап етеді.

Автомобиль газын толтырудың сығылу станциясында газды сығымдау үшін көмір тақталарының метанын қолдану. Көмір газында метанның мөлшері 98 %-ға дейін құрайтын болатындықтан, бұл газды автомобиль көліктері үшін моторлық отын ретінде пайдалануға болады. Алайда, көмірдің метаны, басқа да газ отындары сияқты, төмен көлемді энергия концентрациясына ие. Сондықтан көмір тақталарының метаны автомобиль қозғалтқыштарында мотор отыны ретінде сығылған немесе сұйытылған (криогенді) күйде қолданылуы мүмкін. Сығылған (20 МПа дейін) көмір тақталарының

метанын мотор отыны ретінде қолданудың тәжірибесі бұрыннан белгілі. Шетелдік мамандардың бағалауы бойынша, 90-шы жылдары АҚШ, Италия, Германия және Ұлыбританияда 90 мыңнан астам автомобильдер көмір тақталарының

метанымен жұмыс істеген. Мысалы, Ұлыбританияда ол елдің көмір аймақтарында рейстік автобустар үшін отын ретінде кеңінен қолданылады².

Автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын салудың



Сурет 1. Көмір тақталарының метанын қолданудың схемасы.

Figure 1. Diagram of using coal-bed methane.

Рис. 1. Схема применения метана угольных пластов.

²Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А. Көмір саласының кешенді дамуын қамтамасыз етуде газсыздандыру жұмыстарын зерттеу және жетілдіру жолдары: монография. – Қарағанды: ҚарМУ, 2016. – 167 б. (қазақ тілінде)

Кесте 2

Газ құбырларының алдын ала гидравликалық есептеулерінің нәтижелері

Table 2

Results of preliminary hydraulic calculation of the gas pipeline

Таблица 2

Результаты предварительного гидравлического расчета газопровода

Учаске нөмірі	$L_{уч}, м$	$L_p, м = L_{уч} \times 1,1$	$Q_{уч}, м^3/сағ.$	$d_{уч}, мм$	$\frac{P_n^2 - P_k^2}{L_p}$	$P_n, МПа$	$\frac{\sqrt{P_n^2 - \alpha \times L_p}}{P_k}, МПа$
1-2	30 000	33 000	12 000	25	0,000024	1,50	1,2
2-3	1 000	1 100	2 400	13	0,000030	1,31	1,9
2-4	1 000	1100	9 600	20	0,000051	1,31	1,18

Кесте 3

Газды-турбиналық электр станциясының пайдалану әрекет коэффициенті (ПӘК)

Table 3

The efficiency of gas turbine stations

Таблица 3

Коэффициент полезного действия (КПД) газотурбинных электростанций

Станцияның түрі	Түгіндік газдардың қалдықтарын пайдаланудың циклі	Электр станциясының ПӘК, %	Үдірістің жалпы ПӘК, %	Түгіндік газдардың температурасы, °С
Электр станциясының газ турбинасы (ЭСГТ)	жоқ	35-38	35-38	450-600
ЭСГТ- ЖЭО (газ турбинасы мен жылу электр орталығы)	қалдықтарды пайдаланумен	– 38	80	120-200
Булық турбинадан тұратын газ турбинасы (БТТГТ)	қалдықтарды пайдаланумен	50-55	50-55	100-150

орындылығы көп жағдайда муниципалды автомобиль көліктері (қалалық рейстік автобустар) болып табылатын «якорь» тұтынушысының болуына байланысты. «Көлік және коммуникация институты» ЖШС ұсынған мәліметтерге сәйкес, Қарағанды қаласында маршруттық бағыттар бойынша жұмыс істейтін автобустардың саны резервтік көлікті қоса алғанда (2016 жылғы мәліметтер) 702 бірлікті құрайды. Газды тұтынудың потенциалды көлемі жылына 24,6 млн м³ құрайды. Есептеу Халықаралық газды-моторлы ассоциациясының көліктік сығылған табиғи газды күнделікті тұтынуы бойынша орташа көрсеткіштерді ескере жүргізілді: жеңіл автомобильдер 6 м³/тәулігіне (2,2 мың м³/жылына); жүк автомобильдері мен автобустар 100 м³/тәулігіне (36,5 мың м³/жылына).

Біз шамамен 250 автобустық қызмет көрсетуге бағытталған жалпы жобалық тәуліктік өнімділігі 25,6 мың м³/тәулігіне

(9,34 млн м³/жылына) автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын (АГТСС-1600) қарастырамыз. Қарағанды қаласының муниципалды автобус паркін сығылған табиғи газға ауыстыру үшін резервтік көліктің болуын ескере отырып, 530 автобусты арналған бір автомобиль газын толтырудың сығылу станциясының сыйымдылығындағы 2 АГТСС-1600 қажет болады.

Қарағанды қ. 20 млн м³/жылына көлемінде газды тасымалдау

үшін ұзындығы 30 км Ду150 мм газ құбырын тарту қажет. Газ газ құбырына 1,6 МПа қысыммен беріледі.

Автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын газбен қамтамасыздандыру үшін газ құбырларының алдын ала гидравликалық есептеулерінің нәтижелері төменде көрсетілген (кесте 2). Газ құбырларының алдын ала гидравликалық есептеулері 1,2 МПа дейінгі орташа және жоғарғы қысым үшін төменгі формула бойынша



Сурет 2. ҚД Ленин және Костенко атындағы шақтыларда метанды пайдалану.

Figure 2. Utilization of methane at the Kostenko and Lenin mines.

Рис. 2. Утилизация метана на шахтах им. Костенко и им. Ленина.

орындалды. Сондай-ақ, магистралдық газ құбырларының гидравликалық есептеулері үшін формула бойынша тексеру есебі жүргізілді.

Нәтижелердің дәлсіздігі 5%-дан аспайды.

$$\frac{(P_1^2 - P_2^2)/\rho p = (1,4 \times 10^{-5}) \times (n/d + 1922 \times vd/Q)^{0,25} \times Q^2/d^5 \times p,$$

мұндағы:

$v = 0,00000134$, газдың кинематикалық тұтқырлық коэффициенті, м²/с (0°С температура және 0,10132 МПа қысым кезінде);

$n = 0,02$, құбыр қабырғасының ішкі бетінің эквивалентті абсолюттік кедір-бұдырлығы, см: полиэтилендік құбырлар үшін – 0,002;

$p = 0,704$, газдың тығыздығы, кг/м³, 0°С температура және 0,10132 МПа қысым кезінде.

Бұл жұмыста Қарағанды қ. дейін газды тасымалдаудың екі нұсқасы қарастырылады:

- тек қана автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын газбен қамтамасыз ету үшін;

- автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын және автомобиль газының резервтік станциясын (АГРС) газбен бірге қамтамасыз ету үшін.

Жылына 20 млн м³ көлемінде газды тасымалдау үшін Қарағанды қ. дейін Ду150 мм газ құбырларын тарту қажет (сурет 3). Жерасты газ құбырлары PE100 ГАЗ SDR11 Ду160×14,6 мм полиэтиленді құбырларды қолдануды қарастырады. Автомобиль газын толтырудың сығылу станциясының метанды тұтыну көлемін ескере отыра қалған газды шамамен 80 млн м³ көлемінде жылына сатудың қажеті туады.

Бұндай жағдайда көмір тақталары метанының құрама нұсқаларын қолданудың мәселесі туады: Қарағанды қ. тұтынушыларын газбен қамтамасыз ету үшін автомобиль газының резервтік станциясына дейін газды жеткізу; электр энергиясын өндіру; сұйытылған табиғи газды өндіру; мұнай өнімдерін немесе метанолды өндіру. Қоршаған ортаға әсерді төмендету бойынша міндеттердің басымдылығын және автокөліктерді сығылған табиғи газға айналдырудың инвестициялық тартымдылығын ескере отыра автомобиль газын толтырудың сығылу станциясын салудың нұсқасы қарастырылады.

Қарағанды қ. газбен қамтамасыз ету үшін метан автомобиль газының резервтік станциясына жеткізіледі.

Қазіргі уақытта Қарағанды облысын газбен қамтамасыз етуді 12 мамандандырылған кәсіпорын жүзеге асырады. Облыс бойынша газды тұтынудың орташа айлық шамасы 1200 тоннаны құрайды, оның 400 тоннасы 2 сыйымдылық газ (шамамен 35%), 800 тоннасы 2 баллондық газ (шамамен 65%, соның ішінде автомобиль газы – шамамен 15%). Қарағанды қ. бойынша газды тұтынудың ықтимал болжамы жылына 95,8 млн м³ құрайды. Қарағанды қ. тұтынушыларын газбен қамтамасыз етудің құнын есептеу бұл жұмыстың міндеттеріне кірмейді. Сондықтан шығындардың есебі автомобиль газының резервтік станциясының құнын қамтымайды.

Жобаланатын АГРС және АГТСС орналастыру шамамен қабылданады. Демек, Қарағанды қ. газдандырудың құрама схемасы қолданылуы мүмкін: жобаланған АГТСС 20 млн м³/жыл көлемінде газды беру, ал қалған газдың көлемімен, тұрғындарды ішінара газдандыру. Жылына 100 млн м³ көлемінде газды тасымалдау үшін Қарағанды қ. дейін Ду250 мм газ құбырларын тарту қажет. Жерасты газ құбырлары PE100 ГАЗ SDR11 Ду280×25,4 мм полиэтиленді құбырларды қолдануды қарастырады.

Газ электр станциясында электр энергиясын өндіру

Көмір тақталарының метаны өндіріс алаңының жанында электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұндай жағдайда қайта өңдеу үдірісі газдық турбиналарда немесе поршенді қозғалтқыштарда жүреді. Әлемдік тәжірибеде көмірдің метанымен жұмыс істейтін газ турбиналары электр энергиясын өндіру үшін кеңінен қолданылады. Бұл олардың жоғарғы пайдалы әрекет коэффициентіне байланысты, сондай-ақ көптеген елдерде өздерінің меншік құқығына салық салудың жеңілдетілген режимімен практиктелінеді.

Мысалы, Ұлыбританиядағы «Ментон» шақтысында метанмен жұмыс істейтін генераторлық қондырғы шақтының электр энергиясына қажеттілігін толық қанағаттандырады.

Германияда 2006 жылдың басында тек қана бір Рурск көмір бассейнінде 200 МВт-тан астам электр энергиясының қуатынан тұратын көмір газымен 130-дан астам контейнерлік ЖЭС жұмыс істеді³.

Заманауи газды электр станциялары газды-турбиналық қондырғылармен (ГТК) және газды-поршендік қондырғылармен (ГПК) жұмыс істейтін газды-генераторлық қондырғылардың екі негізгі нұсқасын құрайды [1].

Газды генерацияның негізгі артықшылықтарына маневрлігімен және экологиялығымен қатар, электр энергиясын, буды немесе ыстық суды қосымша өндіру үшін түгін газдарының жылуын пайдаланудың мүмкіндігі жатады.

Газды генераторлық қондырғылар булық немесе қазандықтардың жылытылған судың қалдықтарын пайдаланумен толықтырылуы мүмкін. Булық циклді ескерумен газды электр станцияларының пайдалы әрекет коэффициентінің нәтижесінде генерацияның дәстүрлі мүмкіндігінен ең үлкен қайнар көзі алынады (кесте 3).

Газды поршендік қондырғылар тұрпаты мен салыстырмалы үлкен салмағына байланысты блоктың бірлік қуатынан тұрады, әдетте 10 МВт-тан аспайды.

Газды-поршендік қондырғылардағы электрлік станциялар көптеген энергетикалық блоктарды орнатудың арқасында айтарлықтай қуаттылыққа ие болуы мүмкін.

Газды-поршендік қондырғылардағы электрлік станциялар негізгі режимде жұмыс істеуімен қатар электр станцияларының жеке қажеттіліктері ретінде тиімді.

Газды-турбиналық қондырғылар салыстырмалы түрде кіші тұрпатымен сипатталады. Энергетикалық блоктың бірлік қуаты 300 МВт-қа жетеді. Газды-турбиналық қондырғылар газды-поршендік

³Консорциум «Avantgarde – SEEPX» Қазақстан Республикасының 2050 жылға дейінгі электр энергетикасын дамытудың болжамы. – Астана, 2017 (орыс тілінде)

қондырғыларға қарағанда маневрлі дереккөзділігімен ерекшеленеді. «Ыстық күту режимінен» максималды жүктемеге жетудің уақыты 30-35 секунд.

Айта кету керек, конструкциялық ерекшеліктеріне байланысты қуаттылығы 25 МВт-қа дейінгі газды-турбиналық қондырғылар үшін пайдалы әрекет коэффициенті 25-27% мәндерінің төмендеуімен сипатталады. Демек, қуаттылығы 25 МВт-қа дейінгі газды-турбиналық энергетикалық блоктардағы газдың меншікті шығыны газды-поршендік қондырғылармен салыстырғанда бір жарым есе артық. Сонымен қатар, ГПҚ және ГТҚ тұтынуға бірқатар маңызды айырмашылықтар бар. Пайдалы әрекет коэффициенті мен ГПҚ қуаты қоршаған ортаның температурасының жоғарылауына «сезімтал» емес. Сондықтан ыстық климатты аймақтарда газды-турбиналық қондырғыларды орнату ұсынылады.

Газды-поршендік электр станциядан тұратын электр станциясын пайдалануға жұмсалынған шығындар газды-турбиналық электр станцияға қарағанда төмен. Себебі, зауытта жөндеуден өтілетін газды-турбиналық қондырғымен салыстырғанда газды-поршендік қондырғылардың күрделі жөндеуден өтілуі жұмыс орнында жүзеге асырылады. Қуаттылығы бірдей газды-поршендік электр станциясының (ГПЭС) құрылысына жұмсалынатын күрделі шығындар газды-турбиналық электр станциясына жұмсалынатын күрделі шығындармен теңбе тең. Табиғи газдың құнын (150 долл./мың м³) және газды электр станциясының қуаттарын біртіндеп (блоктық бойынша) іске қосу қажеттілігін ескере газды станциясын салудың ең орынды нұсқасы болып бірнеше блоктардан тұратын ГПЭС саналады.

Газды-поршендік қондырғыларды таңдаған кезде отынның меншікті шығыны мен төмендетілген жүктемелерде (20%-ға дейін) жұмыс істеу мүмкіндігінің ең жақсы сипаттамаларын ескере қарастырылатын негізгі нұсқа ретінде Wartsila шығаратын ГПҚ саналады.

Электр энергиясын өндіру үшін 80 млн м³ газдың болу көлемін,

9,73 МВт қуаттылықты, 10 кВ генераторлық кернеулікті, 0,6 МПа кем емес газдың кіріс қысымын ескере бес блоктан тұратын, белгіленген қуаты 48,65 МВт газды-поршендік электр станциясын салудың мүмкіндігі қарастырылуда. Электр энергиясының жылдық өндірілімі 389,2 млн кВт·сағ. Электр энергиясының босатылуы 373,6 млн кВт·сағ. Бұндай жағдайда жылына 8000 сағат жұмыс істеген кезде табиғи газды тұтыну 79,8 млн м³ кем емес құрайды (91% көмірдің метанын пайдалану). Бұл ретте, шығатын түгіндік газдардың жылуын пайдаланудың циклімен (яғни өндірілген жылуды) және онсыз ГПЭС-ның екі нұсқасы қарастырылады. Сағатына 21,5 тонна буды (105°C және будың қысымы 15 атм.) өндіру үшін түгіндік газдардың жылу энергиясы жеткілікті. «КРЭК» ЖШС және «КЕГОК» АҚ желілері бойынша сыртқы тұтынушыларға өндірілген көмір тақталары метанының электр энергиясы қамсыздандырылуы мүмкін. Айта кету керек, бұл станция үшін отынның меншікті шығыны 205 м³/мың кВт·сағ. (бұл 47% ПЭК сәйкес келеді). Түгіндік газдардың жылуын пайдалану жылына 55,2 мың Гкал-ға дейін өндіруге мүмкіндік береді. Алайда, ГПЭС және жылуды пайдаланудың циклімен жұмыс істейтін ГПЭС таңдау кезінде бұл жылуды тұтынушылардың уақытында иеленуі шешуші мәселе болып табылады.

Көмір тақталарының метаны орналасқан аймақтарда электр энергиясын өндірудің нарықтық дәремені өте жоғары. Халықтың тұруын және көмір мен КТМ өндіруді, сондай-ақ, шақты жанындағы учаскелерде өндірістік үдірістерді қамтамасыз ету үшін үлкен көлемді электр энергиясы қажет. Өндірістік аймаққа жақындау жердегі көмір метанынан өндірілген электр энергиясы өндірістің қажеттілігін қанағаттандырумен қатар, артық энергия жергілікті жеткізушілерге беруі мүмкін. Сондай-ақ, КТМ негізіндегі электр станцияларының құрылысы көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының құрылысына қарағанда аз инвестицияны қажет

етеді. Өйткені газбен жұмыс істейтін электр энергиясы көмірді тасымалдауға, тазартуға және ұсақтауға, түгіннің алдын алуға, шаңды кетіруге және т. б. жұмсалған шығындарды азайтуы мүмкін.

Ультра таза дизель отынын немесе метанолды өндіру

Бұл нұсқа ұзартылған газ құбырын салуға кететін шығындарды азайту үшін КТМ кен орнынан жақын жерде ультра таза дизель отын (GTL) зауытының құрылысын салуды қарастырады. Дизель отынының импортына тәуелділікті азайту және жолшыбай газды пайдалану мәселесін шешу жағдайында Қазақстанда мини-GTL зауытының технологияларын енгізу бойынша жұмыс жүргізілуде. Мини-GTL зауыты бұл табиғи газды (метанды, этанды, пропанды, бутанды) бензинге және дизель отынына қайта өңдеу бойынша технология. Шикізат бойынша мини зауыттар қондырғыларының қуаттылығына шартты түрде жылына 100 млн м³ дейін шектеу қойылады. Мини-GTL зауытының қондырғылары өзінің шамалы қуаттылығына байланысты күрделі шығындарды қажет етпейді және өнімді шығарудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді.

Мұнай өндіру зауытынан (МӨЗ «НПЗ») дизель отынын өндіруші GTL зауыты технологияларының басты айырмашылығы болып арктикалық отын маркасының сипаттамаларымен ультра таза отынды өндіру саналады. Қазіргі уақытта әлемде GTL-дің ауқымды төрт зауыты ғана жұмыс істейді: Моссель Вау (Оңтүстік Африка Республикасы); Бинтулу (Малайзия); Орикс (Катар); Инжу (Катар).

Болашақта GTL-дің оннан астам зауыттарының құрылысы жарияланды. Алайда, жоспарланған GTL зауыттарының құрылысына қатысушылардың көпшілігі Катарлық жобалардың тиімділікпен іске асырылуын және орындалуын бақылай отыра күту режимінен орын алды. Бірінші кезекпен 2011 жылы іске қосылған інжу зауыты. Оған себептер болып GTL бизнесінің жоғары тәуекелдері саналады. Сондықтан қолданыстағы жобалар рентабельділік шегінде тұр.

GTL бизнесінің негізгі тәуекелдері келесі факторлармен анықталады^{4,5} [2]:

- жобалардың жоғары капиталдық сыйымдылығы. Өйткені реакторларды зерттеуге және дамытуға, сондай-ақ инфрақұрылымды құруға қомақты инвестициялар қажет етіледі;

- GTL көптеген технологиялары өнеркәсіптік енгізуге дайын емес; технологиялардың ауқымы нашар; осыған байланысты қуаты төмен осындай қондырғыларды құру тиімсіз;

- GTL зауыттарының құрылысын салу табиғи метан қорларының айтарлықтай жоғары кезінде ғана экономикалық тұрғыдан орындылы (өйткені «масштабты эффект» құрылады);

- GTL бизнесінің пайдалылығы шикі мұнайға жоғары баға беру кезінде қамтамасыз етіледі (әр түрлі бағалаулар бойынша, 150–ден жоғары); бұл ретте мұнай мен мұнай өнімдерінің бағасының өсуі табиғи газдың және күрделі құрылыстың құнын арттырады. Осының арқасында GTL жобаларының тиімділігі төмендейді.

GTL ауқымды жобаларының жоғары тәуекелдерін ескере отыра, GTL өнеркәсібін одан әрі дамытудың болашақтық бағыттарының бірі болып GTL шағын өндірістерін коммерцияландыру саналады.

Көмір тақталарының метанын пайдаланудың перспективалық жолдарының бірі болып Қазақстанда метанол мен оның негізінде жасалған өнімдерді өндіруді ұйымдастырудың мүмкінділігі саналады. Қазақстанда негізгі органикалық синтез өнімдерін өндіру жоқ. Бұл жоғары қосылған құндармен сапалы тауарлық өнімдердің жеткілікті көлемдерін шығаруға мүмкіндік береді.

Әмбебап аралық өнім бола отыра, метанолдың практикалық қолданылуы жоғары және химиялық өнімдердің кең ассортиментін, ең алдымен

сірке қышқылын, формалинді, трет-бутил эфирін және т. б. өндіру үшін газды-химияда шикізат ретінде қызмет атқарады. Метанолды алудың өнеркәсіптік маңызды әдісі болып көміртегі тотығынан және сутегінен метанолдың каталитикалық синтезін алу саналады. Қазіргі кезде барлық жағдайларда шикізат ретінде табиғи газ орын алады.

Көмірдің метаны негізінен метаннан (> 90%) тұратындықтан, ол метанол өндірісінде шикізат бола алады. Ол үш кезеңнен тұрады: күкірттен тазартудың, табиғи газды синтез газына айналдыру (негізінен бу немесе бу көмірқышқыл газына), метанолдың каталитикалық синтезінен. Алынған шикі метанолды, сондай-ақ су, этанол, пропанол, бутилді мен амилді спирттер, диметилді эфир және т. б. құрайды⁶.

Метанолды өндірудің үдірісі технологиялық жағынан өте күрделі. Ол өте агрессивті ортада, сондай-ақ жоғары температура мен қысым кезінде өтеді. Бұл жабдықтардың технологиялық күрделілігін, капиталдық шығындардың айтарлықтай жұмсалатындығын және өндірістік үдірістің көп сатылылығын түсіндіреді. Қолданылатын технологияға, катализаторға және басқа да факторларға байланысты 1 тонна метанолға жұмсалатын көмір тақталары метанының шығыны орташа есеппен 1000 м³ құрайды. Сондықтан, технологияның күрделі меншіктік шығындарының жоғары болуына байланысты көмір метанының жеткілікті көлемімен метанолдың өндірілуін қамтамасыз ету маңызды.

Жобаның инвестициялық тартымдылығына айтарлықтай әсер ететін фактор болып шикізатты, яғни көмір тақталарының метанын тұрақтылы жеткізу, сондай-ақ оның бағасы саналады. Бұл көбінесе жобаның табыстылығын анықтайды. Шерубай-Нұра учаскесіндегі өндірілім көлемінің жобаның барлық кезеңінде төтелдерді пайдалануға

енгізу бойынша айтарлықтай өзгеретінін ескере отыра, бұл мәселе экономикалық тиімділікті талдау кезінде шешуші болуы мүмкін.

Сұйытылған табиғи газды өндіру

Одан да болашақтық технология болып сұйытылған көмір метанын қолдану саналады [3]. Сұйыту шамамен 600 есе қалыпты жағдайда алынатын газдың көлемін азайтады. Бұл газды сығумен салыстырғанда көмір тақталарының метанын сақтау жүйесінің массасы мен көлемін едәуір азайтуға мүмкіндік береді.

Қазірдің өзінде АҚШ пен Батыс Еуропада газды тұтынудың жалпы көлемінде сұйытылған табиғи газдың (СТГ) үлесі 20%-дан асады. Осының негізінде сұйытылған табиғи газды пайдалану аймағындағы Қазақстанның нәтижелері өте қарапайым болып көрінеді. Дегенменде Қазақстан табиғи газ бен көмір тақталарының метанының қорлары бойынша алдыңғы қатарлы орындарды алады.

Сұйытылған табиғи газды алудың технологиялық үдірісі үш кезеңді қамтиды: өндірілімген шикізатты сұйылтуға дайындау (одан суды, конденсат пен көмірқышқыл газын шығару), тазартылған газды алдын ала салқындату және оны соңғы сұйылту. Екінші және үшінші кезеңдерде ауаны салқындатудың және арнайы жылу алмастырғыштардың аппараттары қолданылады.

Сақтау арнайы криогендік ыдыстарда жүзеге асырылады. Тасымалдау сыйымдылықтарын толтыру арнайы жабдықталған алаңда жүзеге асырылады [4, 5]. Қазақстанда мұндай бірде-бір кәсіпорын жоқ. Әзірге мұндай өндіріс орнын салу жоспарланып отыр. Осылайша, Chemtex Group мәліметтері бойынша 1 млн м³/тәулігіне дейінгі сұйытылған табиғи газды өндірудің зауыттық құны 70 миллиондай АҚШ долларын құрайды.

⁴Дрижд Н.А., Муллағалиев Ф.А., Ақбаров Е.Е., Портнов В.С., Қамаров Р.Қ., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Замалиев Н.М. Көмір тақталарынан метанды өндіру әдісі. / Өнертабыс патенті № 32858 – Астана: «Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі», Сұраныс №2016/0604.1 11.07.2016 бастан. Қазақстан Республикасының мемлекеттік өнертабыстар тізілімінде тіркелген. 14.05.2018. / Бюл. №21. – 3 б. (орыс тілінде)

⁵Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ., Портнов В.С., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М. Қарағанды бассейнінің қазылмаған көмір тақталарынан газбергішті қарқындату әдістерін зерттеу: монография. – Қарағанды: ҚарТУ, 2021. – 173 б. (қазақ тілінде)

⁶Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ. Қарағанды бассейнінің шақтыларында метан қауіпсіздігінің әдістерін бағалау: монография. – Қарағанды, ҚарМТУ, 2019. – 191 б. (қазақ тілінде)

Қорытындылар

Бағаланатын аудандарда мөтанды ірі көлемде өндірудің кәсіпшілік және оны тұтынушыларға тасымалдаудың экономикалық орындылығы бағаланатын аудандарда көмірлі-газдық кәсіпшілікті дамытудың экономикалық орындылығын есептеудің негізінде тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтардан кейін анықталынады.

Осылайша, әлемдік тәжірибе көмір тақталарының метанын (КТМ)

энергетикалық бағытта шикізат ретінде жылу мен электр энергиясын өндіру үшін, сондай-ақ, химия өнеркәсібінде пайдаланудың мүмкіндігін көрсетеді.

Көмірдің метанын басқа бағытта қолдану бойынша инвестициялық шешімдер қабылдаған кезде толық және мұқият талдау жүргізу қажет.

Есептеулерден көрініп тұрғандай, өнімнің нарықтық бағасын ескере отыра, келесі нұсқалар экономикалық тұрғыдан орынды

болып саналады: газды-поршендік электр станциясында электр энергиясын өндіру; автомобиль газын толтырудың сығылу станциясындағы газды сығу; автомобиль газының резервтік станциясында сатудың нарығы болған жағдайда.

Толықтыруды және нақтылауды қажет ететін нұсқалар (сақтау мен тасымалдаудың құнын ескеру қажет): сұйытылған табиғи газды өндіруді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қамаров Р.Қ., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М., Мусин Р.А. Жойылған көмір шақтыларының газ жинағыштарының көлемі мен орналасуын анықтау. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – Д.: ДҰТКУ, 2018. – №2. – Б. 5-11 (ағылшын тілінде)
2. Қамаров Р.Қ., Портнов В.С., Юров В.М., Колесников В.О. Тау-кен өнеркәсібіне және металлургиясына арналған салмақ өлшеуіш және мөлшерлеуіш кешендері. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – Д.: ДҰТКУ, 2016. – №4. – Б. 46-53 (ағылшын тілінде)
3. Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А., Замалиев Н.М. Жойылған көмір шақтыларының газ жинағыштарының көлемі мен орналасуын анықтау. // Қазақстан тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №9. – Б. 10-15 (қазақ тілінде)
4. Дрижд Н.А., Портнов В.С., Қамаров Р.Қ., Шмидт-Федотова И.М., Маусымбаева А.Д., Юров В.М. Газбергіштің жоғарылауымен аймақтың ақаулығы. // Тула мемлекеттік университетінің жаңалықтары. «Жер туралы ғылымдар» сериясы. – Тула: ТулМУ, 2015. – Шығ. 1. – Б. 43-46 (орыс тілінде)
5. Газалиев А.М., Портнов В.С., Қамаров Р.Қ., Маусымбаева А.Д., Юров В.М. Көмір қабаттарының газдылығы жоғары аймақтарды геофизикалық зерттеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – Д.: ДҰТКУ, 2015. – №6. – Б. 24-29 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Kamarov R.K., Akhmatnurov D.R., Zamaliyev N.M., Mussin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. // Scientific Bulletin of National Mining University. – D.: DNMU, 2018. – №2. – P. 5-11 (in English)
2. Kamarov R.K., Portnov V.S., Yurov V.M., Koleshnykov V.O. Weighing and dosing systems for mining and metallurgy. // Scientific Bulletin of National Mining University. – D.: DNMU, 2016. – №4. – P. 46-53 (in English)
3. Drizhd N.A., Komarov R.K., Zhaysanbayev N.A., Zamaliyev N.M. Zhojylzan kömir shaqhtylarynyñ gaz zhinağyshtarynyñ kölemi men ornalasuyñ anyқтаu [Establishment of volumes and location of gas collectors of liquidated coal mines]. // Қазақстан тау-кен zhurnaly = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №9. – P. 10-15 (in Kazakh).
4. Drizhd N.A., Portnov V.S., Kamarov R.K., Schmidt-Fedotova I.M., Mausymbaeva A.D., Yurov V.M. Defektnost' zony s povyshennoj gazootdachej [Defectiveness of the zone with increased gas output]. // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Nauki o zemle» = Bulletin of Tula State University. The series «Earth Sciences». – Tula: TulSU, 2015. – Issue 1. – P. 43-46 (in Russian)
5. Gazaliev A.M., Portnov V.S., Kamarov R.K., Mausymbayeva A.D., Yurov V.M. Geophysical research of areas with increased gas content of coal seams. // Scientific Bulletin of National Mining University. – D.: DNMU, 2015. – №6. – P. 24-29 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Замалиев Н.М., Мусин Р.А. Установление объемов и местонахождения газовых коллекторов ликвидированных угольных шахт.

- // Научный вестник национального горного университета. – Д.: ДНГУ, 2018. – №2. – С. 5-11 (на английском языке)*
2. Камаров Р.К., Портнов В.С., Юров В.М., Колесников В.О. Весоизмерительные и дозирующие комплексы для горной промышленности и металлургии. // Научный вестник национального горного университета. – Д.: ДНГУ, 2016. – №4. – С. 46-53 (на английском языке).
 3. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Жайсанбаев Н.А., Замалиев Н.М. Установление объемов и местонахождения газовых коллекторов ликвидированных угольных шахт. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №9. – С. 10-15 (на казахском языке)
 4. Дрижд Н.А., Портнов В.С., Камаров Р.К., Шмидт-Федотова И.М., Маусымбаева А.Д., Юров В.М. Дефектность зоны с повышенной газоотдачей. // Известия Тульского государственного университета. Серия «Науки о земле». – Тула: ТулГУ, 2015. – Вып. 1. – С. 43-46 (на русском языке)
 5. Газалиев А.М., Портнов В.С., Камаров Р.К., Маусымбаева А.Д., Юров В.М. Геофизические исследования зон повышенной газоносности угольных пластов. // Научный вестник национального горного университета. – Д.: ДНГУ, 2015. – №6. – С. 24-29 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Камаров Р.К., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының профессоры, Біліктілікті жоғарылату институтының директоры (Қарағанды қ., Қазақстан); Ұлттық тау-кен ғылым академиясының академигі (Астана қ., Қазақстан), ipk@kstu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-0106-5343>

Хуанган Н., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының доцентінің м.а., Кәсіпкерлік бөлімі департаментінің директоры (Қарағанды қ., Қазақстан), khuangan-nur@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9609-6649>

Зейтинова Ш.Б., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), zeitinova_rmpi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3489-8969>

Жүніс Г.М., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы кен орындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан), qul_zat_89_09@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5833-8851>

Сведения об авторах:

Камаров Р.К., канд. техн. наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», директор Института повышения квалификации Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университеті иімі Абылқас Сағинова» (г. Қарағанды, Қазақстан); академик Национальной академии горных наук (г. Астана, Қазақстан)

Хуанган Н., PhD, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», директор департамента предпринимательской деятельности Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университеті иімі Абылқас Сағинова» (г. Қарағанды, Қазақстан)

Зейтинова Ш.Б., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университеті иімі Абылқас Сағинова» (г. Қарағанды, Қазақстан)

Жүніс Г.М., старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Қарағанды техникалық университеті иімі Абылқас Сағинова» (г. Қарағанды, Қазақстан)

Information about authors:

Kamarov R.K., Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department «Development of Mineral Deposits», Director of the Institute for Advanced Studies of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan); Academician of the National Academy of Mining Sciences (Astana, Kazakhstan)

Khuangan N., PhD, Acting Associate Professor at the Department «Development of Mineral Deposits», Director at the Department of Entrepreneurship of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Zeitinova Sh.B., PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Zhunis G.M., Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Noncommercial Joint-Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylqas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)